

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 6 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 2 3 0 4 4
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 2 3 0 4 4]

出 願 人 日 本 電 信 電 話 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 3 年 7 月 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎

【書類名】 特許願

【整理番号】 NTTH146279

【提出日】 平成14年11月 6日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04J 14/00
G02B 6/10
G02F 1/00

【発明の名称】 光モジュール、およびそれを構成する光スイッチ、並び
に光マトリクススイッチ

【請求項の数】 8

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株
式会社内

【氏名】 美野 真司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株
式会社内

【氏名】 北川 毅

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株
式会社内

【氏名】 石井 元速

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株
式会社内

【氏名】 山田 貴

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 奥野 将之

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 相馬 俊一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 郷 隆司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 姫野 明

【特許出願人】

【識別番号】 000004226

【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077481

【弁理士】

【氏名又は名称】 谷 義一

【選任した代理人】

【識別番号】 100088915

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部 和夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013424

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9701393

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光モジュール、およびそれを構成する光スイッチ、並びに光マトリクススイッチ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光導波路回路と該光導波路回路に屈折率変化を与えて出力特性を変動させるための駆動用の電子回路とにより構成された光モジュールにおいて、

前記駆動用の電子回路が前記光導波路回路と共に前記光導波路回路基板上に実装されていることを特徴とする光モジュール。

【請求項 2】 前記駆動用の電子回路が前記光導波路回路基板上にベアチップの形態で実装されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光モジュール。

【請求項 3】 前記駆動用の電子回路からの配線を前記光導波路回路基板上でグループ化して集約したことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光モジュール。

【請求項 4】 前記光導波路回路として、光スイッチを用いることを特徴とする、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の光モジュール。

【請求項 5】 前記光導波路回路として、可変光減衰器を用いることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の光モジュール。

【請求項 6】 前記光導波路回路として、石英系光導波路回路を用いることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の光モジュール。

【請求項 7】 請求項 4 に記載の光モジュールを構成する前記光スイッチにおいて、

該光スイッチは、光導波路回路基板上に作製される 1 本の入力導波路と、N 本（N は 3 以上の整数）の出力導波路と、該入力導波路と該出力導波路とを接続する複数の 1×2 光スイッチとから構成され、該出力導波路に、光を透過、遮断、あるいは光強度を可変可能なゲート光スイッチが設けられている $1 \times N$ 光スイッチであって、

前記 1×2 光スイッチは駆動用の電子回路で制御される電気信号レベルにより連続的に経路が切り替わるアナログ光スイッチであり、

該アナログ光スイッチは前記駆動用の電子回路からの前記電気信号レベルを遮断する電気デジタルスイッチを備え、

前記電気信号レベルを設定する幾つかの前記駆動用の電子回路はグループ化され共有されており、

前記電気デジタルスイッチは電子集積回路製造工程により集積されていることを特徴とする光スイッチ。

【請求項 8】 請求項 4 に記載の光モジュールを構成する前記光スイッチにおいて、

該光スイッチは、光導波路回路基板上に作製される M 本 (M は 2 以上の整数) の入力導波路と N 本 (N は 2 以上の整数) の出力導波路と $M \times N$ 個の光クロスポイントスイッチからなり、 (m, n) 番の該光クロスポイントスイッチは m 番目の前記入力導波路と n 番目の前記出力導波路を接続する光クロスポイントスイッチ (ここで、 $1 \leq m \leq M$, $1 \leq n \leq N$) であり、

前記光クロスポイントスイッチは 1×2 光スイッチと 2×1 光スイッチと光クロスポイントスイッチユニット内導波路から構成される二重型光スイッチであり、

前記 1×2 光スイッチおよび前記 2×1 光スイッチは駆動用の電子回路で制御される電気信号レベルにより連続的に経路が切り替わるアナログ光スイッチである光マトリクススイッチであり、

該アナログ光スイッチは前記駆動用の電子回路からの電気信号レベルを遮断する電気デジタルスイッチを備え、

前記電気信号レベルを設定する幾つかの前記駆動用の電子回路はグループ化され共有されていることを特徴とする光マトリクススイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信システムに応用可能な、電気で出力特性を制御する光モジュール、その光モジュールを構成する光スイッチ、および光マトリクススイッチ、及に関する。

【0002】

【従来の技術】

光通信の大容量化が進展し、伝送容量がWDM（波長分割多重）方式で増大する一方で、ノードにおける経路切替機能のスループットの増大が強く求められている。その経路切替は現在は伝送されてきた光信号を電気信号に変換した後に電気スイッチにより行われているが、高速で広帯域であるという光信号の特徴を生かすためには、光スイッチを用いて光信号のまま経路切替を行うことにより、ノードの装置を小型化・低消費電力化できるようにする必要がある。そのような光スイッチを用いた具体的なシステムとして、光クロスコネクトや光アド・ドロップ多重システムの実現が求められており、そのキーデバイスとして光スイッチが必要とされている。

【0003】

そのような光スイッチの従来例を図9に示す。図9の図面上部の部分が石英系光波回路（Planar Lightwave Circuit；以下、PLCと称する）の熱光学効果を用いた1×128の光スイッチ901の基板であり、その図面下側の部分がその光スイッチを駆動するIC（集積回路）925を実装した電気配線基板921であり、両者合わせて1×128光スイッチモジュールを構成している。

【0004】

PLC基板については、同図のように2入力2出力の単位光スイッチを1×2光スイッチ903として用い、その1×2光スイッチ903を複数個、7段ツリー状に用いることにより、1×128の光マトリクススイッチを同一基板上に構成している（非特許文献1を参照）。

【0005】

図9の1×2光スイッチ903の構成方法は様々な構成方法があるが、石英系PLCでは、図10に示すような熱光学位相シフター（薄膜ヒータ）1007を持った2本のアーム導波路1001の両端を2個の3dB結合器1003、1009で接続したマッハツェンダー干渉計型2×2光スイッチ（MZI光スイッチ）を用いている。本発明で用いる1×2光スイッチでは、例えば61bが未接続導波路となる。このMZI光スイッチで、2本のアーム導波路1001の長さが

等しいものを対称型MZI光スイッチ、2本のアーム導波路1001に半波長の光路長差を設けているものを非対称型MZI光スイッチとここでは呼ぶことにする。

【0006】

対称型MZI光スイッチにおいては、熱光学位相シフター1007を駆動（通電）しないときには、公知の干渉原理によりクロス経路（61a→62b）で光が伝搬し、熱光学位相シフター1007を駆動し、熱光学効果により半波長の光路長差をつけたときにはバー経路（61a→62a）で伝搬する。

【0007】

また、熱光学ヒータ1007への駆動量を調整して2本のアーム導波路1001の光路長差をゼロから半波長に連続的に変化させると、光路がクロス経路からバー経路へと連続的に変化する。すなわち、ON/OFFスイッチとしてだけでなく、アナログスイッチとしても動作する。したがって、このMZI光スイッチは、クロス経路とバー経路の分配比を調整することで、減衰器として動作させたり、必要に応じマルチキャストやブロードキャストを行う分岐器等として動作させることができる。

【0008】

図10に示すこの基本光スイッチを図9に示すようにツリー状に構成することにより、 1×128 光スイッチ901が実現できる。なお、図9の8段目にはゲート光スイッチ905が消光比を高めるために加えられている。

【0009】

ゲート光スイッチ905については、非対称型のMZI光スイッチを用いている。この非対称型のMZI光スイッチにおいては、熱光学位相シフター1007を駆動（通電）しないときには、バー経路（61a→62a）で光が伝搬し、熱光学位相シフターを駆動し、熱光学効果により半波長の光路長差を打ち消したときにはクロス経路（61a→62b）で伝搬する。この非対称型のMZI光スイッチはクロス経路の方がクロストークが小さいことが知られており、また通常はゲート光スイッチは、1ポートのみ光を透過させ、その他のポートは光を遮断することが多い。したがって、ゲート光スイッチ905には、この非対称型光スイ

ッチを用いた方が高い消光比のクロスポートを用いることができ、消費電力を節約できる。

【0010】

石英系導波路を用いた熱光学スイッチは、火炎堆積法（FHD）や化学気相堆積法（CVD）などのガラス膜堆積技術と反応性イオンエッチング法（RIE）などの微細加工技術を組み合わせて作製される。具体的には、シリコンウェハー等の基板1015上に、先ず下部クラッド層となるガラス膜を、次に屈折率がクラッド層よりもやや高いコア層を堆積する。そして、光回路となるコアパターン1011を微細加工技術によりパターン化し、引き続き、上部クラッド層1013となるガラス膜を堆積し、最後に、熱光学位相シフターとなる薄膜ヒータ1007とこれに給電を行う配線1005を形成して光スイッチチップが作製される。この光スイッチチップに給電線及び光ファイバーを接続し、放熱フィン付きケースに収納して、光スイッチモジュールが完成する。

【0011】

ヒータ1007の電気駆動回路について図11に示す。同図に示すように、個々の1×2光スイッチ903のMZIの片側のアームのヒータに駆動アナログ電源回路1101が接続され、これによりMZIを駆動する最適な電圧（電流）になるように個々に調整されており、そのヒータの逆側には電気デジタルスイッチ1103が接続されていて、光スイッチ903のオン／オフに対応して電気デジタルスイッチ1103をオン／オフする。この1×2光スイッチ903は255個存在するため、駆動電源回路1101も電気デジタルスイッチ1103も各々255個存在する。

【0012】

実際に製作された1×128光スイッチにおいて、平均挿入損失0.4dB、平均on/off消光比40dBの優れた特性が得られた。

【0013】

以上、光スイッチの例を示したが、同じMZI光スイッチを用い、位相の変化量をアナログ的に変化することにより、可変光減衰器も同様に構成可能であり、例えばPLCにより可変光減衰器が実際に作製されている。可変光減衰器は波長

多重化された信号光の各波長の光強度を等しくするために必須なデバイスであり近年需要が高くなっている。

【0014】

その他の需要の高い光回路、例えば分散補償器、偏波分散補償回路、あるいは利得等化器等でも、上記と同様にMZI光スイッチを用いて、位相シフタや光導波路を組み合わせた回路で実現可能である。

【0015】

【非特許文献1】

T.Watanabe et.Al., "Silica-based PLC 1×128 thermo-optic switch," Proc. 27th ECOC' 01, Tu.L.1,2, Amsterdam, 2001

【0016】

【発明が解決しようとする課題】

上述の図9に示した1×128 PLC熱光学スイッチ（PLC-TOSW）を例として、本願発明の課題を以下に説明する。この1×128 PLC熱光学スイッチにおいては次のような課題が存在した。

- (1) PLC基板内の電気配線部の面積が大規模化している。
- (2) 駆動用のアナログ電源回路が多数必要であり、上記の例では前述したように、255個もの電源回路が必要になる。
- (3) PLC基板と駆動用IC実装基板との間のワイヤボンディング本数の増加する。図9の例では電極パッド911、915が255個、さらに上部の駆動回路に接続するための配線用電極パッドが255個、計510個の電極パッドが必要となる。
- (4) 検査工程にかなり数の多いピン数のプローバが必要になり、それに伴い高精度なプローバ調心装置が必要となる。

【0017】

以下、順に説明する。

- (1) 図9において駆動すべき熱光学位相シフター（ヒータ）は基板上に255個存在し、その両端は金配線907、909により基板端のワイヤ用電極パッド911に接続されている。そのため255本もの金配線907、909を基板

上に交差なしでレイアウトする必要がある、その電気配線の面積は光回路の大規模化、多チャンネル化に伴い大きく増大している。

【0018】

この電気配線面積を定量的に見積もる。Ta₂N膜ヒータを駆動するための金配線は、反り等が存在する光導波路基板へパターン化することも考慮すると、金薄膜の1層配線にすることが望ましく、またヒータ駆動に必要な電流量を考慮すると幅50 μ m程度であることが望ましい。配線間のギャップも50 μ m程度であることが望ましい。この条件で電気配線の展開に必要な面積を見積もると、510本の配線では、配線幅が51.2 mmとなる。図9の例では、基板サイズは60 mm×60 mmであり、概算として基板端まで引き回した時の配線長は平均4 cmであるため、ヒータからデジタルスイッチ側の電気配線部の面積は、20 cm²となる。小型化するのに適した許容曲げ半径が小さいコアとクラッドの比屈折率差が1.5%のものをを用い、光回路自体の面積は、20 mm×60 mm=12 cm²まで小型化されている。光回路と電気配線自体は交差可能であるため、PLC光スイッチ基板の小型化は、電気配線部の面積により制限されていることになる。

【0019】

(2) 図9の1×128 PLC熱光学スイッチの例では、駆動する熱光学位相シフター（ヒータ）は基板上に255個存在する。そのため駆動用（電源）回路は255個も必要になる。

【0020】

(3) (1) でPLC基板上の配線510本は別基板に実装された駆動回路925と個々に接続する必要がある。ここで基板間の接続は、通常ワイヤボンディングで行う。そのワイヤボンディング用電極911、915を150 μ m幅とし、ギャップが50 μ mとすると、200 μ mピッチとなり、ワイヤボンディングの本数が510本とすると104 mmもの長い幅になる。

【0021】

ここで、PLC基板と電子回路実装基板との固定方法としては、PLC基板をより大きな電子回路を含む基板の上に張りつける方法や、第3の基板にPLC基

板と電子回路基板を並べて配置する方法がある。いずれの方法を採用したとしても、ワイヤボンディングは、例えば 2 0 0 ℃で行われるため、各々の基板の熱膨張係数差による収縮の差により、ワイヤ 9 1 3 に応力が加わり信頼性が損なわれる可能性がある。

【 0 0 2 2 】

(4) さらに、実際にモジュールを作製する工程では、P L C 基板の段階で電極パッドに外部から電気プローバを接触してヒータを駆動して、光学特性、電気特性の評価を行う検査工程が必須である。この評価のために、従来例では 5 1 0 個の電極パッドに同時に電気プローバを接触する必要がある、特殊で高価な電気プローバと、それを高い精度で平行に電極パッドに接触できる調心装置を必要とした。

【 0 0 2 3 】

以上、 1×128 光スイッチを例として、駆動用電気回路と光回路とを電氣的に接続した光モジュールの課題を列举した。この課題は近年大規模化、多チャネル（多ポート）化した光回路、電気回路それぞれが全体で最適化されていないことによって生じている。例えば、上記の例では、光導波基板上に存在する、電気回路で駆動すべきヒータが光回路特有の事情により、広く分散した場所に多数配置しているにも関わらず、電気回路が最適化されていないことに起因する。似たような状況は、 $1 \times N$ 光スイッチ以外の光回路においても存在し、電気で出力特性を制御する光モジュールに共通する課題である。例えば、 $N \times N$ マトリクス光スイッチ、可変光減衰器やそのアレイモジュール、分散補償回路、利得等化回路においても同様な課題が存在する。

【 0 0 2 4 】

本発明は、上記の課題を解決するためになされたもので、その目的は、駆動用電気回路と光導波路回路とを電氣的に接続した光モジュールにおいて、基板上での電気配線部の面積を減少させ、P L C 基板から外部への接続ワイヤ数を減らし、アナログ駆動回路を減らすことで、光導波路基板を小型化し、信頼性が懸念される基板間の金ワイヤの本数を大幅に減少し、さらには光スイッチや光可変減衰器を駆動するための I C 実装基板を不要にして、モジュールサイズを小型化し、

かつプローバの電極端子を少なくして特性評価を簡略化できるようにすることにある。

【 0 0 2 5 】

本発明の更なる目的はかかる光モジュールに好適な光スイッチ、および光マトリックスを提供することにある。

【 0 0 2 6 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明の光モジュールは、光導波路回路と該光導波路回路に屈折率変化を与えて出力特性を変動させるための駆動用の電子回路とにより構成された光モジュールにおいて、前記駆動用の電子回路が前記光導波路回路と共に前記光導波路回路基板上に実装されていることを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

ここで、前記駆動用の電子回路が前記光導波路回路基板上にベアチップの形態で実装されていることを特徴とすることができる。

【 0 0 2 8 】

また、前記駆動用の電子回路からの配線を前記光導波路回路基板上でグループ化して集約したことを特徴とすることができる。

【 0 0 2 9 】

また前記光導波路回路として、光スイッチを用いることを特徴とすることができる。

【 0 0 3 0 】

また、前記光導波路回路として、可変光減衰器を用いることを特徴とすることができる。

【 0 0 3 1 】

また、前記光導波路回路として、石英系光導波路回路を用いることを特徴とすることができる。

【 0 0 3 2 】

本発明の光スイッチは、光導波路回路基板上に作製される 1 本の入力導波路と、N 本（N は 3 以上の整数）の出力導波路と、該入力導波路と該出力導波路とを

接続する複数の 1×2 光スイッチとから構成され、該出力導波路に、光を透過、遮断、あるいは光強度を可変可能なゲート光スイッチが設けられている $1 \times N$ 光スイッチであって、前記 1×2 光スイッチは駆動用の電子回路で制御される電気信号レベルにより連続的に経路が切り替わるアナログ光スイッチであり、該アナログ光スイッチは前記駆動用の電子回路からの前記電気信号レベルを遮断する電気デジタルスイッチを備え、前記電気信号レベルを設定する幾つかの前記駆動用の電子回路はグループ化され共有されており、前記電気デジタルスイッチは電子集積回路製造工程により集積されていることを特徴とする。

【0033】

また、本発明の光マトリクススイッチは、光導波路回路基板上に作製される M 本 (M は 2 以上の整数) の入力導波路と N 本 (N は 2 以上の整数) の出力導波路と $M \times N$ 個の光クロスポイントスイッチからなり、 (m, n) 番の該光クロスポイントスイッチは m 番目の前記入力導波路と n 番目の前記出力導波路を接続する光クロスポイントスイッチ (ここで、 $1 \leq m \leq M$, $1 \leq n \leq N$) であり、前記光クロスポイントスイッチは 1×2 光スイッチと 2×1 光スイッチと光クロスポイントスイッチユニット内導波路から構成される二重型光スイッチであり、前記 1×2 光スイッチおよび前記 2×1 光スイッチは駆動用の電子回路で制御される電気信号レベルにより連続的に経路が切り替わるアナログ光スイッチである光マトリクススイッチであり、該アナログ光スイッチは前記駆動用の電子回路からの電気信号レベルを遮断する電気デジタルスイッチを備え、前記電気信号レベルを設定する幾つかの前記駆動用の電子回路はグループ化され共有されていることを特徴とする。

【0034】

【発明の実施の形態】

本発明の個別の実施の形態を説明する前に、まず本発明の各実施の形態に共通の基本構成を図面を参照して以下に説明する。

【0035】

(基本構成)

図 9 に示したヒータを駆動する電気回路について、本発明者らは、光スイッチ

が動作時に ON 状態になる基本光スイッチは、全くランダムに存在するわけではなく、ある制約条件に従うこと、そしてその制約条件を整理すると、駆動電源回路が幾つかの回路に集約して共通化しても、全く、あるいはほとんど自由度が損なわれないことを新たに見いだした。

【0036】

ここでは、 $1 \times N$ 光スイッチのツリー型の共有化された駆動電源の例を取り上げて説明する。 $1 \times N$ 光スイッチが 1×2 光スイッチを基本スイッチとしてツリー型で n 段で構成されているとして、任意の a 段目 ($1 \leq a \leq n$) の基本スイッチ (例えば、3 段目では 3-1, 3-2, 3-3, 3-4 の 4 個の光スイッチが存在) の内で電流駆動状態 (ON 状態) となる基本光スイッチは 1 個だけであり、またある出力導波路上にある N 個のゲート光スイッチの中で電流駆動状態 (ON 状態) となるのは 1 個だけである。

【0037】

ここで、上記の 1×2 光スイッチが、図 10 に示すような MZ I 光スイッチ回路の時には、その回路を駆動する電気回路例は図 11 で示す通りとなる。図 11 で示すように、ヒータ 1007 の電気配線の一方の端にはアナログ出力が可能な駆動電源 (駆動回路) 1101 が設けられ、もう一方の端には電気デジタルスイッチ 1103 が接続されている。アナログ電源回路 1101 は各々の光スイッチ 903 の最適な駆動電圧に予めセットしておく。他方、電気デジタルスイッチ 1103 は、トランジスタ回路が多数集積された IC (集積回路) を用いており、TTL レベルの入力により、導通/遮断 (ON/OFF) 動作をする。ここで図 12 の 1×8 光スイッチの例に示すように、アナログ駆動回路 1101 は各段の光スイッチ 903 で共有化されている。

【0038】

図 13 に図 12 のさらに詳細な回路構成を示す。同図に示すように、アナログ駆動回路 1301 を共有化しても、各段で同時に ON 状態になるものは 1 個のみであるため、アナログ駆動回路 1301 はその光スイッチ 903 に個別に調整した電圧を印加できる個別調整機能を損なうことはない。そして、この共有化を PLC 基板上で行うことにより、基板上での電気配線部の面積を減少させ、PL

C基板から外部への接続ワイヤ数を減らし、アナログ駆動回路を減らすことができる。

【0039】

しかし、近年の光スイッチの大規模化に伴い、基板上の電気配線をさらに減らして小型化を図る必要性が高くなっている。そこで、図9の1×128光スイッチの例に再び戻る。図9でアナログ給電側のアナログ駆動回路1101に接続されるのは図上側の駆動信号給電線907であり、電気デジタルスイッチ1103に接続されるのは、図下側のヒータ駆動用配線923である。アナログ給電側については、図12、図13を用いて上述した共有化に従い、各段で共有化することが可能である。

【0040】

一方、電気デジタルスイッチ側は、従来では、個々に金配線909で基板端まで引き回した後に、金ワイヤ用電極パッド911、915において外部基板921とワイヤ913で接続され、駆動用IC925に接続されている。このIC925を含めた電気回路を、本発明では、図14に示すような構成にする。図9のツリー型1×128光スイッチ901では、単位光スイッチ903が255個存在する（図14において#1～#255で示す）。その単位光スイッチ903の各々のヒータ1107に対して4個の64bitの駆動用IC925-1～925-4を図14に示すように接続する。これら駆動用IC925-1～925-4は、シフトレジスタ（図示しない）及びラッチ（図示しない）を内蔵したCMOS LSI（CMOS型大規模集積回路）であり、前述のデジタルスイッチ1103と、シグナル／パラレル変換回路（図示しない）の両方の機能を有する。そして、駆動用IC925-1～925-4は、図14に示すようにカスケード接続（従属接続）することにより、互いに同期し、 $64\text{ bit} \times 4 = 256\text{ bit}$ に拡大することができる。

【0041】

その駆動用IC925-1～925-4に対して、図15に示すように、1MHzのクロック信号を用い、各ヒータ1107への出力のオン／オフをクロック毎に各時間軸に割り当てることにより、ラッチパルス0.26ms以内で各ゲー

ト（図 9 の 9 0 5）のオン／オフ動作を実現している。熱光学スイッチの切替速度は、例えば 2 m s とクロック信号に比較して十分遅いため、入力、出力の関係では、3 本の入力信号により、2 5 6 個のヒータ 1 1 0 7 のオン／オフを制御することが可能となる。

【 0 0 4 2 】

図 1 5 の例では、クロック速度が 1 M H z の例を挙げたが、クロック速度を 1 0 倍にすれば、2 , 5 6 0 個のヒータを 0 . 2 6 m s 毎にラッチして切り替えることが容易に可能である。このように、クロック速度を適宜選択することにより数多くのヒータの制御が可能となる。

【 0 0 4 3 】

そしてさらに、本発明では、図 1 を用いて後述するように、上記の駆動用 I C 9 2 5 - 1 ~ 9 2 5 - 4 を小型のベアチップ（その大きさは、例えば 2 m m × 7 m m）のまま、P L C 基板上に実装するので、P L C 基板上のヒータ ~ I C 間の配線を集約することができ、2 5 5 本の配線をわずか 3 本の信号線に集約できる。このため、電気配線の面積が大幅に軽減し、P L C 基板の面積を低減することが可能となる。

【 0 0 4 4 】

さらに、本発明では、駆動用 I C を P L C 基板上に実装したため、P L C 基板から外部に取り出すべき配線数も 2 0 個に大幅に減少する。その結果、P L C 基板と電気駆動回路が実装された電気回路基板との間のワイヤの本数も 2 0 本となり、ワイヤボンディングの本数を 5 1 0 本から 2 0 本に大幅に削減することができる。

【 0 0 4 5 】

また、本発明では、駆動用 I C 実装基板がなくなることにより、モジュールが大幅に小型化する。

【 0 0 4 6 】

さらに、本発明では、駆動用 I C を P L C 基板上に実装したため、製造工程で、モジュール作製前に P L C 基板レベルで検査する際のブローバの電極数が 5 1 0 本から 2 0 本に削減され、用いられる電気ブローバやその調心に用いる装置を

簡略化することが可能になる。

【0047】

次に、図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。

【0048】

(第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態における光モジュールの構造を示す。本実施形態は、駆動用ICをPLC基板上に実装した本発明による1×128PLC熱光学スイッチの一例である。なお、図面の簡略化のため、4段以降の基本光スイッチの配線は省略してある。ここで、101は1×128PLC熱光学スイッチ(1×128光スイッチ)、103は1×2光スイッチ、104は光導波路、105はゲート光スイッチ、107はヒータ駆動用金配線、109は基本スイッチ駆動用IC(ベアチップ)、111は制御信号金配線、113は電極パット、115は金ワイヤ、117は電極パット、および119は駆動信号給電線(駆動電源回路用の給電線)である。

【0049】

本実施形態における1×2光スイッチ103や光導波路104の構成は前述した図10の構成と同じである。1×128PLC熱光学スイッチ101では、Si基板上に火炎堆積法により光導波路104が形成されており、1×2光スイッチ103のMZI回路は前述の図10に示す構造で形成されている。そして、ヒータ1007としてTa₂N膜がパターン化して形成されており、またそれをSi基板上で引き回すための電気配線1005はパターン化した金薄膜を用いている。

【0050】

本実施形態の構成が、従来例と異なるのは、以下の電気配線構造である。すなわち、図1に示すように、駆動電源回路用の給電線119をPLC基板上で共有化して電気配線面積を小型化しており、かつヒータ駆動用IC109はベアチップとしてPLC基板上に実装されている。

【0051】

ヒータ駆動用ICベアチップ109において、図2の拡大詳細図に示すように

、電極パッド 2 0 1、2 0 2 を上向きにして P L C 基板上に固定する。一方の電極パッド 2 0 1 は基本光スイッチ 1 0 3 のヒータにつながる電極パッドである。他方の電極パッド 2 0 2 はゲート制御信号につながる電極パッドであり、図 2 の左から、GND 端子、クロック端子、ラッチ端子、シグナル端子となっている。後者の電極パッド 2 0 2 からは金薄膜配線 1 1 1 が引き出される。

【0 0 5 2】

そして、その P L C 基板上の電極パッド 2 0 1、2 0 2 とヒータ駆動用 I C 1 0 9 上の電極パッド 2 0 3、2 0 4 とを金ワイヤ 2 0 5、2 0 6 で接続する。さらに、この I C 1 0 9 と金ワイヤ 2 0 5、2 0 6 とをシリコン樹脂（図示しない）で樹脂封止することで信頼性を高める。このような I C ベアチップの実装形態自体は電気配線基板で汎用的に行われているものであり、図 9 に示すような基板間のワイヤボンディングと異なり信頼性が確保されている。

【0 0 5 3】

ここで注意すべき点は、大規模の光スイッチの光導波路回路基板においては、数百個に及ぶ多数の位相シフタ（ヒータ）をその光導波路回路基板上の広い領域に分散して配置する必要があることである。しかし、光導波路回路基板はその基板上に微細な電気配線プロセスを作製するのが非常に困難であり、これらの位相シフタ（ヒータ）の駆動電気回路を上記同一基板（光導波路回路基板）上に作製することは、従来の電気回路、集積回路を作製することとは別の新たな問題であり、新たな課題である。

【0 0 5 4】

この新たな課題を、前述の図 1 4、図 1 5 で示したように、駆動用 I C のゲートを S i 基板上に実装してグループ化（共有化）することで、解決しており、本発明は、単に S i 基板の上に駆動用 I C を実装したということではないということに注目されたい。参考ながら P L C 基板上へ光スイッチの駆動用 I C あるいは制御用 I C が実装された例は従来報告されていない。

【0 0 5 5】

この I C を用いた駆動回路については、図 1 3 ～図 1 5 で既に説明した通りであり、クロック、ラッチ、シグナル（データ）の 3 個のヒータ制御信号により、

2 5 6 個のヒータ 1 1 0 7 を同時に駆動することができる。

【 0 0 5 6 】

本実施形態では、以上説明したような構成にしたことにより、下記の効果が得られる。

- (1) P L C 基板内の電気配線の面積の低減
- (2) I C 実装基板が不要になることによる、モジュールサイズの低減
- (3) P L C 基板と電子回路基板との間のワイヤボンディング本数の低減
- (4) 検査工程の簡略化

【 0 0 5 7 】

以下、順に説明する。

- (1) P L C 基板内の電気配線の面積の低減

図 9 に示したような従来例では、ヒータ駆動用金配線を全て基板端の電極パッドまで引き回す必要があったため、引き回す分だけ電気配線部の面積も大きくなり、基板全体が大型化した。それに対して、図 1 の本実施形態では、駆動用 I C ゲートを S i 基板上に実装してグループ化するので、2 5 5 本のヒータの配線は、その直近に配置された駆動用 I C までの引き回し（短距離）で済むため、P L C 基板上の電気配線の面積が大幅に小型化する。

【 0 0 5 8 】

この配線面積の減少を定量的に見積もる。T a ₂ N 膜ヒータには例えば最大で 6 0 m A の電流を流す必要がある。そのための金配線は、反り率が存在した S i 基板よりも製造プロセスが困難な光導波路基板へパターン化することも考慮すると、1 層配線で幅が 5 0 μ m 程度あることが望ましい。配線間のギャップも 5 0 μ m は必要である。この条件で電気配線展開に必要な面積を見積もると、2 5 6 本の配線では、配線幅全体が 2 5 . 6 m m となる。典型例として各ヒータからヒータ駆動用 I C への配線長を平均 1 5 m m 、ヒータ駆動用 I C を用いずに基板端までヒータ駆動用金配線を引き回した時の配線長を平均 6 0 m m とすると、ヒータからデジタルスイッチ側の電気配線部の面積は、1 / 4 となる。

【 0 0 5 9 】

この電気配線の面積の低減は、上記の (2) 、 (3) の効果と独立の話しであ

るから、I C の配置は、電気配線部の面積が最少になるように、あるいは配線が最短になるようにヒータ駆動用 I C 1 0 9 を光導波路基板上へ配置すればよい。

【0 0 6 0】

図 1、図 9 は模式図であり、詳細な電気配線レイアウトは細かすぎで記載することができないが、図 9 に示す従来例の 1×128 光スイッチの光導波路基板の面積が、 $57\text{ mm} \times 60\text{ mm}$ であり、前述のように P L C 基板の小型化は、電気配線部によって律速されていた。これに対し、本実施形態では電気配線部の面積を $1/4$ まで減少させることができ、それにより P L C 基板を $30\text{ mm} \times 60\text{ mm}$ に小型化することができる。

【0 0 6 1】

(2) I C 実装基板部が不要になることによる、モジュールサイズの低減
当然のことであるが、ヒータ駆動用 I C を P L C 基板上に実装したため、I C 実装基板部分だけモジュールサイズが小さくなる。

【0 0 6 2】

(3) P L C 基板と電子回路基板との間のワイヤボンディング本数の低減
また、本実施形態では、ヒータ駆動用 I C を P L C 基板上に実装したため、基板間のワイヤボンディングの本数を大幅に少なくできる。今回の例では、基板間のワイヤ本数は従来例で約 510 本であるのに対して、本実施形態では、信号線の 3 本と他給電線等 17 本を加え全部で 20 本へと激減する。この 20 本程度の本数なら、従来例のように基板間のワイヤ接続が数十 mm 以上の幅に広がり、信頼性が懸念されるようなことは全くない。本実施形態では、ワイヤボンディングを行う領域が幅 2.8 mm に減少し、あるいはワイヤを用いずに個々にケーブル等で接続することも可能であるので、ワイヤボンディングについての問題は全く生じない。

【0 0 6 3】

(4) 検査工程の簡略化

さらに、本実施形態においても、実際にモジュールを作製する工程では、P L C 基板の段階で外部から電気プローバを接触してヒータを駆動することにより所望の特性のものができているかを検査する工程が必須である。従来例では 510

個の電極パッドに同時に電気プローバを接触する必要があり、そのため特殊で高価な電気プローバとその電気プローバを高い平行度で接触できる調心装置とを必要とした。それに対して、図1の本実施形態では、接触すべき電極パッド数が14個と大幅に減少したため、廉価な電気プローバを電極パッドに容易に接触して検査することが可能となり、検査工程に必要な部材、装置のコストと作業時間を大幅に減少することができる。

【0064】

以上の説明をまとめると、本実施形態では、光スイッチを駆動するICをPLC基板上にベアチップで直接実装したことにより、電気配線部の引き回しが大幅に減少し、PLC基板を小型化し、基板間の金ワイヤの本数を256本から14本に大幅に減少し、歩留まり信頼性も向上させられる。また、本実施形態では、駆動用IC実装基板が不要となった分だけ、さらにモジュールサイズを大幅に小型化することができる。加えて、検査工程に必要なプローバと装置が簡略化され、コストダウンと作業時間の短縮が得られる。

【0065】

また、図1に示したような1個の大規模スイッチのみならず、例えば光アド・ドロップ合分波器に用いられる、 2×2 光スイッチの8アレーを同一のPLC基板に集積したものに本発明を適用しても、上記と同様の効果が得られる。図3にその構成例を示す。なお、図3においては、図面の簡略化のため、基本光スイッチ103とIC109との間の電気配線は省略した。

【0066】

また、可変光減衰器やそのアレイモジュール、分散補償回路、利得等化回路においても、本発明を適用することで、上記と同様な効果が得られる。

【0067】

また、PLC基板以外の光回路を用いた光スイッチ等においても、本発明を同様に適用することができ、PLC基板の場合と全く同様の効果があることは言うまでもない。例えば、 LiNbO_3 (LN) 光導波路を用いた光スイッチにおいても、本発明を適用することで、PLC基板の場合と全く同様の効果を得ることができる。

【0 0 6 8】**(第 2 の実施形態)**

図 4 に本発明の第 2 の実施形態である 4×4 光マトリクススイッチの構成を示す。 4×4 光マトリクススイッチ 4 0 1 では、4 本の入力導波路 4 0 7 と 4 本の出力導波路 4 0 9 が格子状に 1 6 箇所交差しており、それらの交差点にそれぞれ二重型の光クロスポイントスイッチ 4 1 1 が置かれている。

【0 0 6 9】

図 5 に二重型の光クロスポイントスイッチ 4 1 1 を拡大して示す。二重型光クロスポイントスイッチ 4 1 1 を構成する 1×2 光スイッチ 4 1 5 と 2×1 光スイッチ 4 1 6 間にはユニット内導波路 4 2 1 が接続されている。そして、図 4 に示すように、縦方向の 4 本の駆動信号給電線 4 0 3 がそれぞれ各ラインの 1×2 光スイッチ 4 1 5 と 1×2 光スイッチ用共有駆動（電源）回路間を接続している。また、横方向の 4 本の駆動信号給電線 4 0 5 が、それぞれ各ラインの 2×1 光スイッチ 4 1 6 と 2×1 光スイッチ用共有駆動（電源）回路間を接続している。

【0 0 7 0】

この二重型の光クロスポイントスイッチ 4 1 1 および電気制御回路などの具体的な構成を図 6 に示す。同図において、4 0 1 は光マトリクスチップ、4 1 1 は二重型光スイッチユニット、6 0 1 は上記の 1×2 光スイッチ用共有駆動（アナログ電源）回路、6 0 2 は上記の 2×1 光スイッチ用共有駆動（アナログ電源）回路、6 0 3 は電気デジタルスイッチである。

【0 0 7 1】

二重型の光クロスポイントスイッチ 4 1 1 を構成する 1×2 光スイッチ 4 1 5 と 2×1 光スイッチ 4 1 6 には、それぞれ従来同様に半波長の光路長差が設けられている M Z I 光スイッチを用いている。各 M Z I 光スイッチにおいて光路長が短いアーム導波路上の熱光学ヒータ 6 1 7、6 1 8 に電気配線が接続されている。電気配線の一方には電気デジタルスイッチ 6 0 3 が接続され、もう一方にはアナログ出力可能な駆動電源（駆動回路）6 0 1、6 0 2 が接続されている。この電気デジタルスイッチ 6 0 3 は、トランジスタ回路が多数集積された I C を用いており、T T L レベルの入力により、導通／遮断（O N ／O F F）動作をする。

【0072】

従来の構成と大きく異なる点は、図4および図5に示すように、

(1) アナログ駆動回路を 1×2 光スイッチ用に出力導波路毎に共有化し、 2×1 光スイッチ用に入力導波路毎に共有化している点、及び

(2) ヒータ駆動用ICはベアチップとしてPLC基板上に実装されている点である。

【0073】

次に、これを説明する。

図4および図5を参照して、まず(1)のアナログ駆動回路の共有化から説明する。共有駆動回路1aに4個の光クロスポイントスイッチ $SW_{x, 1}$ ； $x=1 \sim 4$ の 1×2 光スイッチを並列接続し、同様に2a～3aに $SW_{x, 2} \sim SW_{x, 4}$ を並列接続している。また、共有駆動回路1bに4個の光クロスポイントスイッチ $SW_{1, y}$ ； $y=1 \sim 4$ の 2×1 光スイッチを並列接続し、同様に2b～3bに $SW_{2, y} \sim SW_{4, y}$ を並列接続している。

【0074】

これにより、駆動回路数を個別接続時の16個から8個に削減することができる。また、駆動回路への配線も共有駆動回路毎に部分的に共有化しているので、配線面積が削減すると共に、スイッチチップからの電気接続端子も併せて削減されている。

【0075】

また(2)ヒータ駆動用IC109を、PLC基板上にベアチップで実装している点が従来例と異なる。その実装形態は図2で説明した通りである。図4においては、ICベアチップ109とMZI回路各々32個がヒータ駆動用配線により接続され、電気デジタルスイッチ603としてMZI回路のオン／オフ動作を行う。 $N \times N$ マトリクススイッチにおいても、第1の実施形態と同様に、第1の実施形態で(1)～(4)の項で詳細に説明したと同様な効果が生じる。例えば、32個の光クロスポイントに対応して、電気デジタルスイッチ603は32個存在するが、ヒータ618～IC109間の距離はICで3本に集約されるため、電気配線部の面積は減少し、基板間のワイヤ本数も減少する。ここでは 4×4

マトリクススイッチで説明したが、このような削減効果は光マトリクススイッチチップの規模が大きいものほど、その効果が大きくなる。

【0076】

今回のMZI光スイッチ中の2個の3dB結合器(図10の1003、1007参照)には、2本の導波路を数 μ mまで近接して構成される方向性結合器を用いた。これは方向性結合器が他の手段に比べて挿入損失が低いためである。しかしながら、3dB結合器はこの構成に限定されるものではなく、他の手段、例えばマルチモード導波路を用いたマルチモード干渉計(MZI)カプラーや、これらカプラーを複数個従属接続して構成される波長無依存カプラー(WINC)などであってももちろん良い。

【0077】

(第3の実施形態)

図7には、本発明の第3の実施形態として、石英系PLC基板上に形成したMZI回路を用いた可変光減衰器を備える送信モジュールを例示する。この送信モジュールにおいては、同図左側に、複数のWDM信号用のLD素子701が $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の波長分並んでおり、そのLD素子701の出力側に光ファイバ703を介して接続する、石英系PLCにより作製されたMZI回路を用いたマッハツェンダ型可変光減衰器707のアレイモジュールがPLC基板705上に形成されており、その可変光減衰器707の出力側に光ファイバ715を介して接続する、アレイ導波路格子(AWG)717を含むPLC基板がある(AWG等の光導波路は略し、図示していない)。

【0078】

そして、MZI回路には可変光減衰器707を駆動するためのIC709が同一基板上にベアチップで実装されている。ここで、711はヒータ駆動用の金配線であり、713はIC駆動用の金配線である。この可変光減衰器707は、前述の図10のMZI回路(マッハツェンダ干渉型光スイッチ)をアナログ的に連続的な電流で動作させたものである。但し、駆動用IC709は単なるゲートSW(スイッチ)のみならず、可変光減衰器707に流す電流量も制御しており、そのアナログ的な電流量はその流すべき電流量をデジタイズした別途制御信号に

よって制御している。この制御に用いる I C は単独のものでも複数個を組み合わせたものであっても、結果として各可変光減衰器 7 0 7 をアナログ制御できるような構造になっていればよい。このような可変光減衰器 7 0 7 を含む P L C 基板 7 0 5 においても、前述の第 1 の実施形態と同様に、基板上の電気配線が実装した I C に集約されており、第 1 の実施形態で (1) ~ (4) に列挙したと同様な効果を奏する。

【 0 0 7 9 】

なお、本実施形態では、石英系 P L C を用いた可変光減衰器を例を挙げたが、それ以外の材料の光導波路回路でも同様に本発明を適用できる。また、光回路の種類も M Z I ではなくとも、例えば Y 分岐を用いたものでも勿論よい。

【 0 0 8 0 】

(第 4 の実施形態)

図 8 には、本発明の第 4 の実施形態として、P L C 基板と L N 光導波路基板とを端面結合することにより作製した P L C - L N 型の光スイッチであって、多波長化された光信号から任意の波長を選択する波長セレクタを例示する。図 8 において、8 0 1 はアレー導波路格子を含む第 1 の P L C 基板、8 0 3 は第 2 の L i N b O ₃ (L N) 基板、8 0 5 はアレー導波路格子を含む第 3 の P L C 基板であって、この順にこれら 3 つの基板を接着剤等の結合手段により端面結合している。また、8 0 9 は第 2 の L N 基板 8 0 3 上に実装した駆動用 I C , 8 1 1 はその L N 基板 8 0 3 上に形成した L i N b O ₃ 光導波路、8 1 3 はヒータ駆動用金配線、8 1 5 は I C 制御用金配線である。

【 0 0 8 1 】

本実施形態では、P L C 基板 8 0 1 、 8 0 5 にアレー導波路格子 (A W G) が用いられ (A W G 等の光導波路は略し、図示していない) 、また M Z I 回路 8 0 7 は P L C 基板 8 0 1 上のカプラと L N 基板 8 0 3 上の L N 光導波路 8 1 1 とによって作製されている。そして、光スイッチ動作に必要な半波長分の位相変化は、L N 光導波路 8 1 1 上のヒータに印加された電圧による電気光学効果によって与えられている。この例では、M Z I 光スイッチは O N / O F F 型の光ゲートスイッチとして用いられている。

【0082】

図8の左側の光入力ポートから入力したN波長のWDM信号（波長； λ_1 ， λ_2 ， λ_3 ， \dots ， λ_N ）は、第1のPLC基板801上のAWGにより各波長に各々分けられる。続いて、その各波長は、中央部の第2の基板803上のMZI回路807によるゲートスイッチにより所望の波長のみ選択される。続いて、選択されたその1以上の波長は第3のPLC基板805上の出力側のAWGにより再び多重される。このように、本実施形態のPLC-LN型の光スイッチは、多波長化された光信号から任意の波長を選択する波長セレクタとして機能する。図8では一例として波長 λ_2 の光信号のみ選択した例を掲げた。

【0083】

本実施形態のように、石英系PLC基板と他材料の光導波路回路との組合せをすることにより、PLC基板で実現されているAWGなどの豊富な光回路のメニューを用いることができ、また実績ある光導波路の曲率半径がPLCの方が小さいことから、高機能な回路を小型に作製できる長所がある。光スイッチとしても、LNを用いると高速な光スイッチングを低消費電力で実現できるという長所がある。

【0084】

このようなPLC-LN基板を組み合わせた光スイッチを含む回路においても、ICを光回路基板上に直接実装することにより、第1の実施形態の（1）～（4）に記載したと同様の効果を奏する。

【0085】

なお、本実施形態では、波長セレクタの例を掲げたが、その他の光回路であっても同様の効果が生じる。例えば、本実施形態の構造を利用して、図1と同様のツリー状光スイッチ、例えば1×8光スイッチを構成することも可能である。その場合の1×8光スイッチにおいても、第1の実施形態の（1）～（4）に記載したと同様の効果を奏することができる。

【0086】

（他の実施形態）

以上、本発明の好ましい実施形態をいくつか例示したが、本発明はこれら実施

形態に限定されることはなく、特許請求の範囲の各請求項に記載された範囲内であれば、それら実施形態の変形、同等の機能を有する他の素子等との置換、寸法、個数等の単なる設計変更等は、全て本発明の実施形態に含まれるものである。

【0087】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、光スイッチ等の光回路において、光導波路基板上の電気配線部を共有化により小型化することで、基板自体も小型化され、駆動用あるいは制御用の I C をベアチップで光導波路基板上に実装することで、信頼性が懸念される基板間の金ワイヤの本数を大幅に減少し、さらに光スイッチや光可変減衰器を駆動するための I C 実装基板が不要となり、モジュールサイズを小型化できるという効果を奏する。

【0088】

さらに、本発明によれば、光回路の作製における検査工程として光導波路基板の特性を評価するのに用いるプローバの電極端子（電極パッド）の数が大幅に少なくなり、評価作業が簡略化され、コストダウンが図れるという効果も得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施形態における I C ベアチップを実装した 1×128 PLC 熱光学スイッチの構成を示す模式的平面図である。

【図2】

図1の I C ベアチップの実装部の詳細を示す拡大図である。

【図3】

本発明の第1の実施形態の変形例における 2×2 光スイッチの8アレイに、I C ベアチップを実装した構成を示す模式的平面図である。

【図4】

本発明の第2の実施形態における 4×4 マトリックス光スイッチの PLC チップ上に I C ベアチップを実装した構成を示す模式的平面図である。

【図5】

少ない駆動回路数で完全個別駆動可能な光マトリックススイッチを構成する図 4 の二重型光スイッチの拡大図である。

【図 6】

本発明の第 2 の実施形態における具体的な回路構成を示す回路図である。

【図 7】

本発明の第 3 の実施形態における可変光減衰器を備える送信モジュールの構成を示す模式的平面図である。

【図 8】

本発明の第 4 の実施形態における波長セレクタの構成を示す模式的平面図である。

【図 9】

従来例の 1×128 PLC 熱光学スイッチの構成を示す模式的平面図である。

【図 10】

図 9 のマッハツェンダ干渉計型光スイッチの構成を示す図で、(A) は平面図、(B) は A-A' 断面線に沿う断面図、(C) は B-B' 断面線に沿う断面図である。

【図 11】

図 9 の電気駆動回路の回路構成を示す回路図である。

【図 12】

本発明の実施形態の基本構成である、駆動回路を格段で共有化した $1 \times N$ 光スイッチの構成例を示す模式的平面図である。

【図 13】

図 12 の $1 \times N$ 光スイッチのヒータ駆動回路の回路構成を示す回路図である。

【図 14】

本発明の実施形態の基本構成である、駆動用デジタル IC を含む電気回路の構成を示す回路図である。

【図 15】

図 14 のヒータアレイに印加されるヒータ制御信号のタイミングを示すタイムチャートである。

【符号の説明】

- 1 0 1 1×1 2 8 P L C 熱光学スイッチ（1×1 2 8 光スイッチ）
- 1 0 3 1×2 基本光スイッチ
- 1 0 4 光導波路
- 1 0 5 ゲート光スイッチ
- 1 0 7 ヒータ駆動用金配線
- 1 0 9 基本スイッチ駆動用 I C（ベアチップ）
- 1 1 1 制御信号金配線（金薄膜配線）
- 1 1 3 電極パット
- 1 1 5 金ワイヤ
- 1 1 7 電極パット
- 1 1 9 駆動信号給電線（駆動電源回路用の給電線）
- 2 0 1、2 0 2 電極パッド
- 2 0 3、2 0 4 電極パッド
- 2 0 5、2 0 6 金ワイヤ
- 4 0 1 4×4 光マトリクススイッチ（光マトリックスチップ）
- 4 0 3 駆動信号給電線
- 4 0 5 駆動信号給電線
- 4 0 7 入力導波路
- 4 0 9 出力導波路
- 4 1 1 二重型の光クロスポイントスイッチ（二重型光スイッチユニット）
- 4 1 5 1×2 光スイッチ
- 4 1 6 2×1 光スイッチ
- 4 2 1 ユニット内導波路
- 6 0 1 1×2 光スイッチ用共有駆動（アナログ電源）回路
- 6 0 2 2×1 光スイッチ用共有駆動（アナログ電源）回路
- 6 0 3 電気デジタルスイッチ
- 7 0 1 WDM信号用の L D 素子
- 7 0 3 光ファイバ

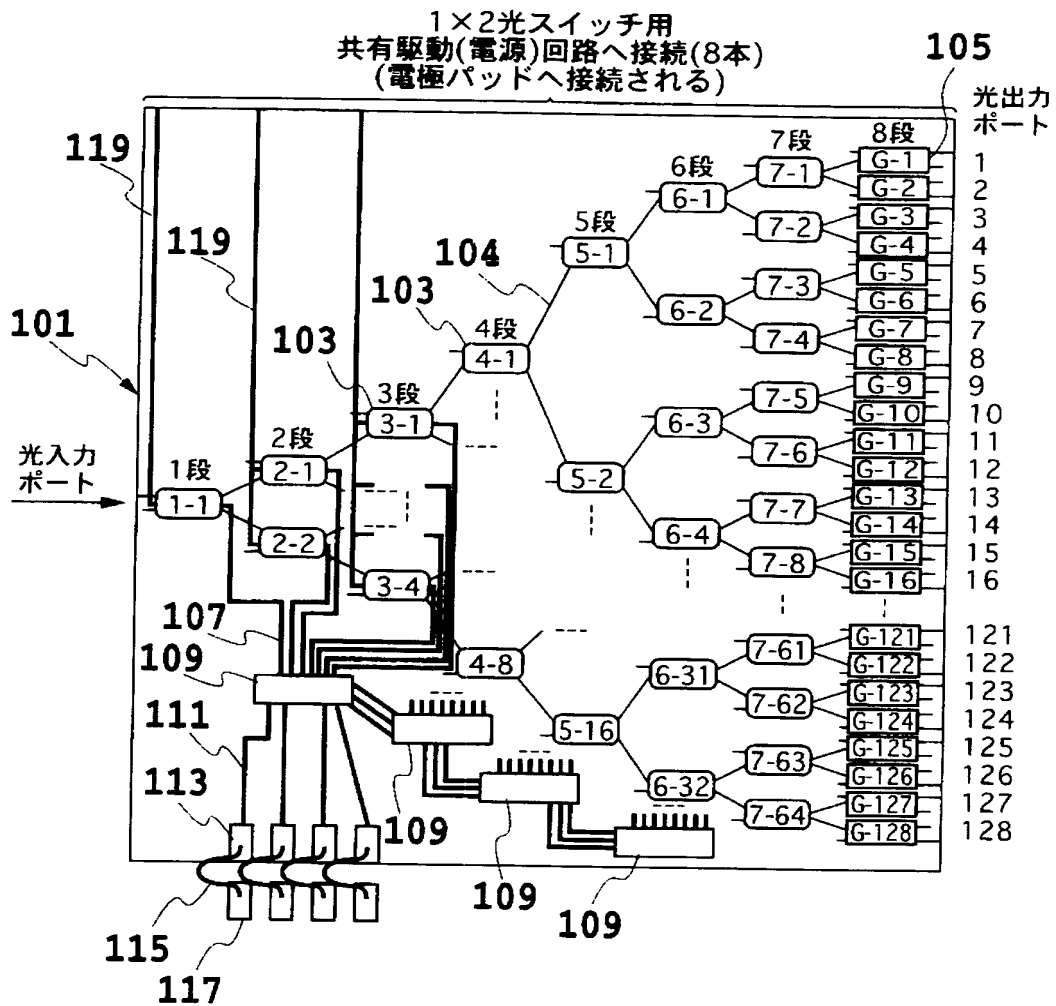
- 7 0 5 P L C 基板
- 7 0 7 石英系 P L C により作製されたマッハツェンダ型可光変減衰器
- 7 0 9 実装した可変光減衰器駆動用 I C
- 7 1 1 ヒータ駆動用の金配線
- 7 1 3 I C 駆動用の金配線
- 7 1 7 アレイ導波路格子 (A W G)
- 8 0 1 アレー導波路格子を含む第 1 の P L C 基板
- 8 0 3 第 2 の L i N b O ₃ (L N) 基板
- 8 0 5 アレー導波路格子を含む第 3 の P L C 基板
- 8 0 7 マッハツェンダ型回路
- 8 0 9 第 2 の L N 基板 8 0 3 上に実装した駆動用 I C
- 8 1 1 L N 基板 8 0 3 上に形成した L i N b O ₃ 光導波路
- 8 1 3 ヒータ駆動用金配線
- 8 1 5 I C 制御用金配線
- 9 0 1 1 × 1 2 8 光スイッチ
- 9 0 3 1 × 2 光スイッチ
- 9 0 5 ゲート光スイッチ
- 9 0 7 駆動信号給電線
- 9 0 9、9 2 3 ヒータ駆動用金配線
- 9 1 1 電極パット
- 9 1 3 金ワイヤ
- 9 1 5 電極パット
- 9 2 1 光スイッチ駆動用 I C 実装基板
- 9 2 3 I C 制御用金配線
- 9 2 5 駆動用 I C モジュール (パッケージ)
- 1 0 0 1 アーム導波路
- 1 0 0 3、1 0 0 9 3 d B 結合器
- 1 0 0 5 配線
- 1 0 0 7 熱光学位相シフター (薄膜ヒータ)

- 1 0 1 1 コアパターン
- 1 0 1 3 クラッド層
- 1 0 1 5 シリコンウェハー等の基板
- 1 1 0 1 駆動アナログ電源回路（未共有）
- 1 1 0 3 電気デジタルスイッチ
- 1 1 0 5 電気接続端子
- 1 1 0 7 ヒータ
- 1 2 0 1 駆動信号給電線
- 1 3 0 1 共有駆動アナログ電源回路
- 1 4 0 3 P L C 基板上のヒータアレイ

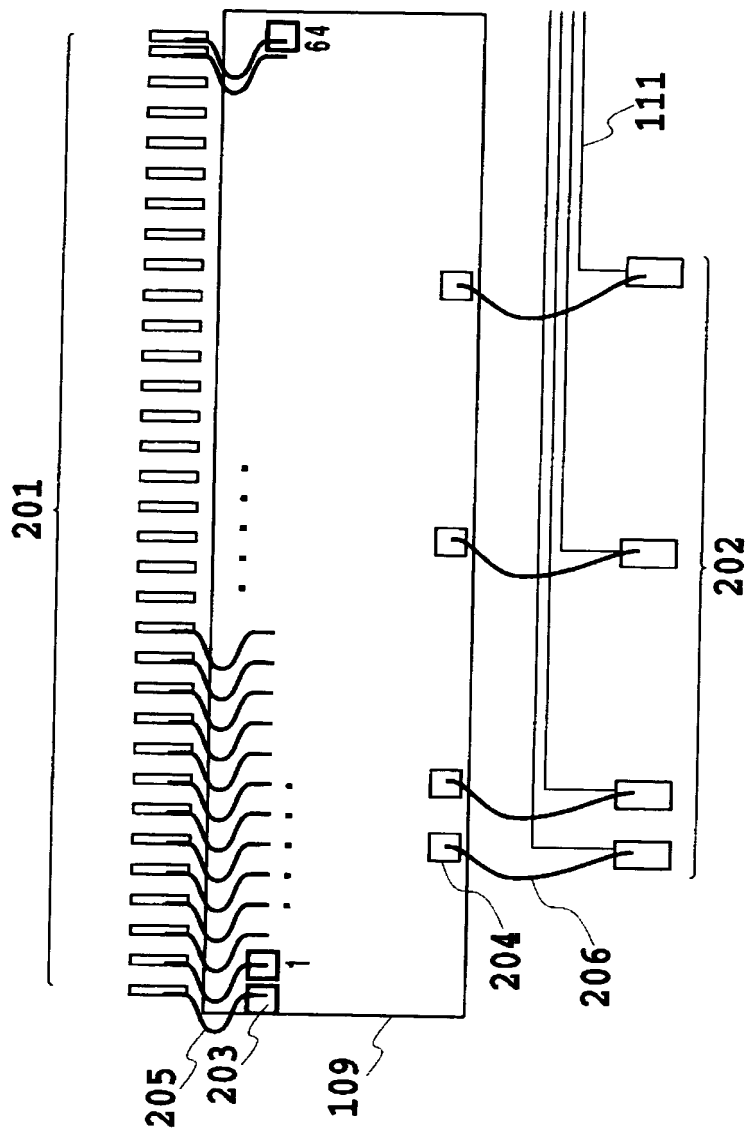
【書類名】

図面

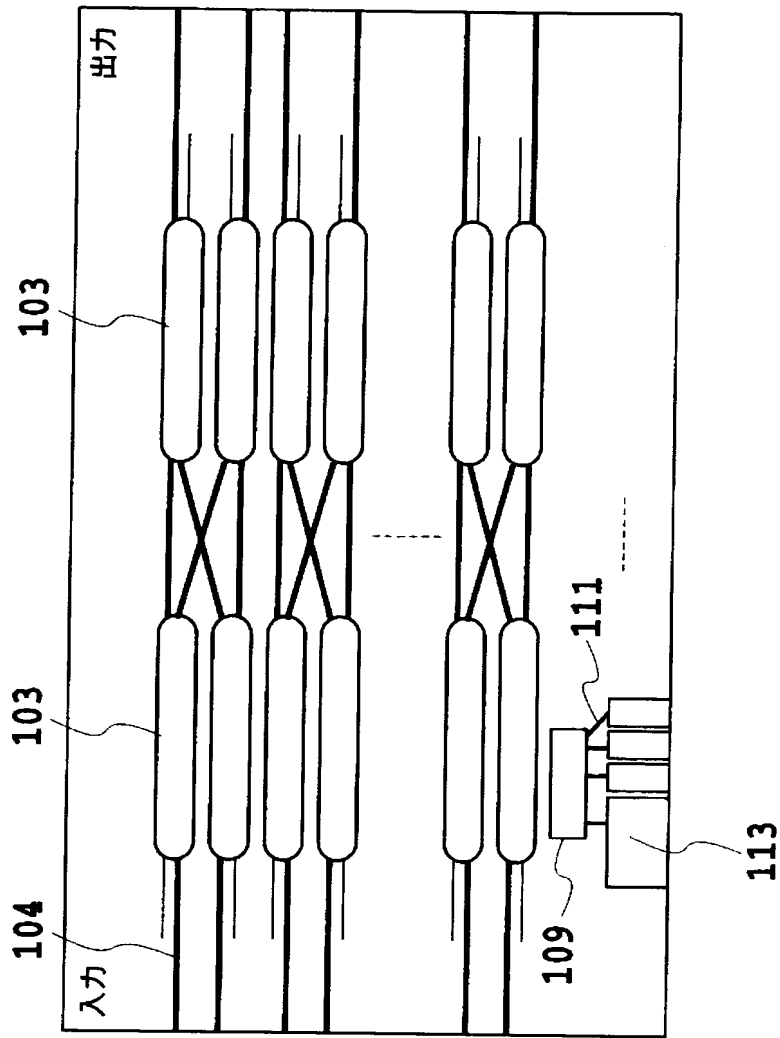
【図 1】



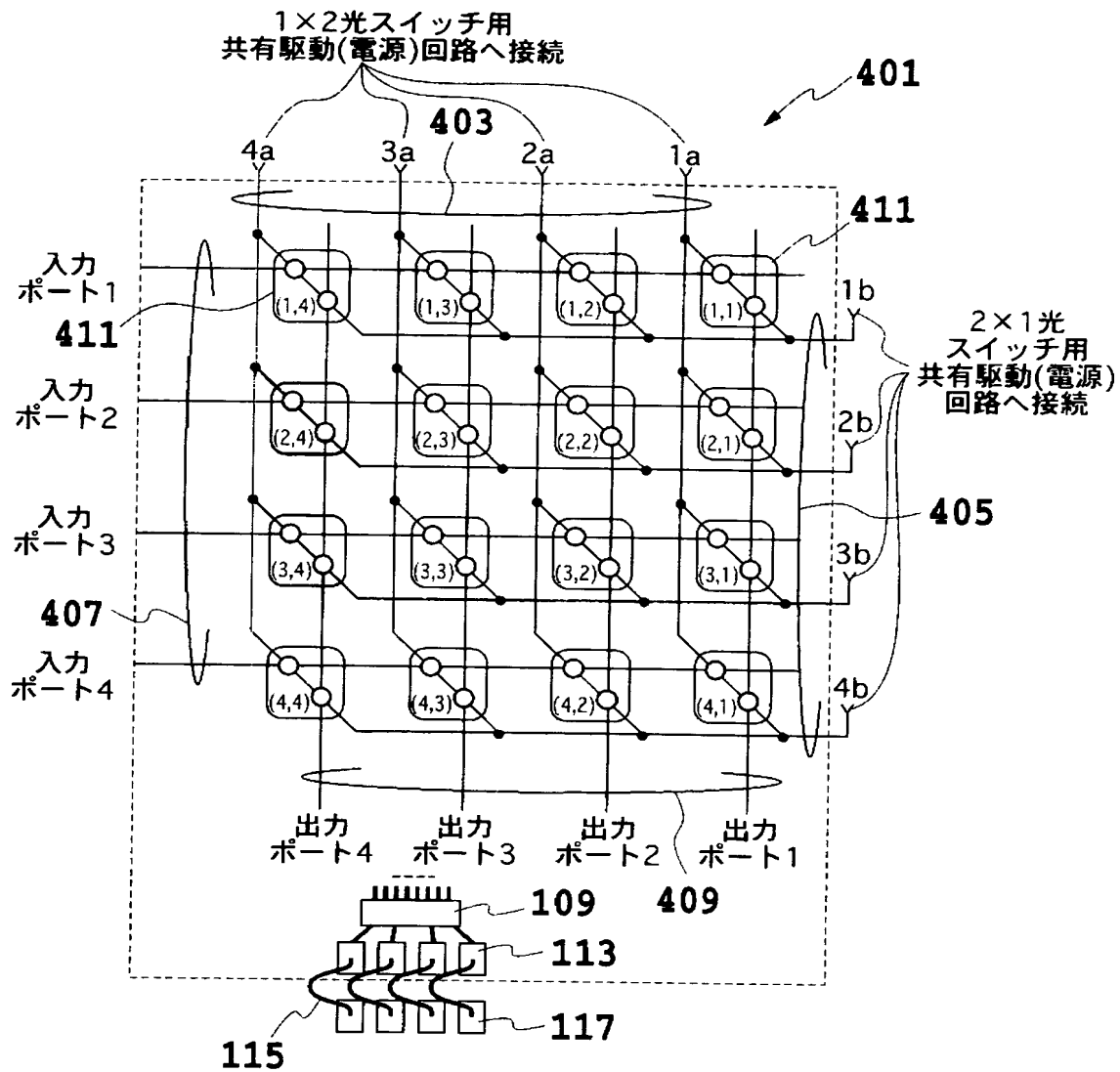
【図 2】



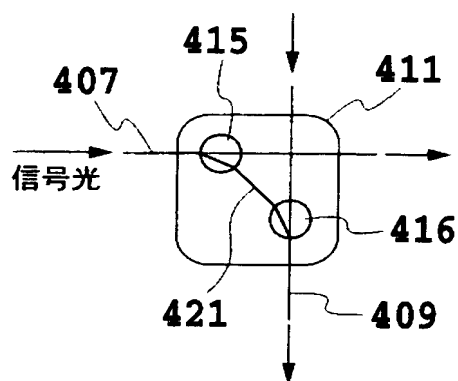
【図 3】



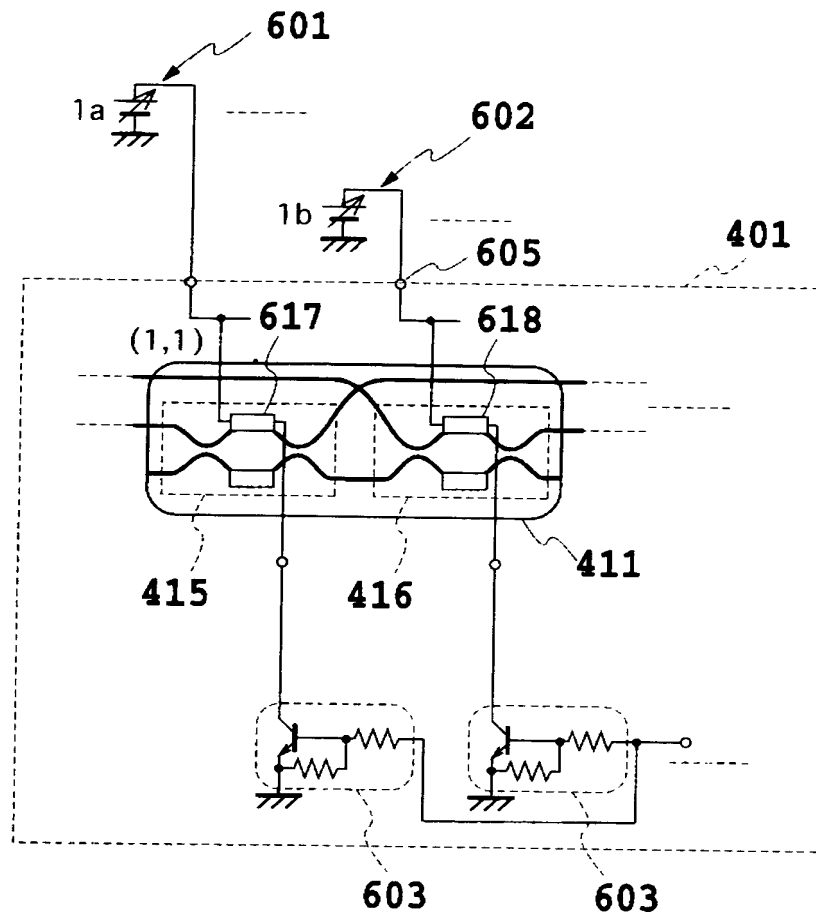
【図 4】



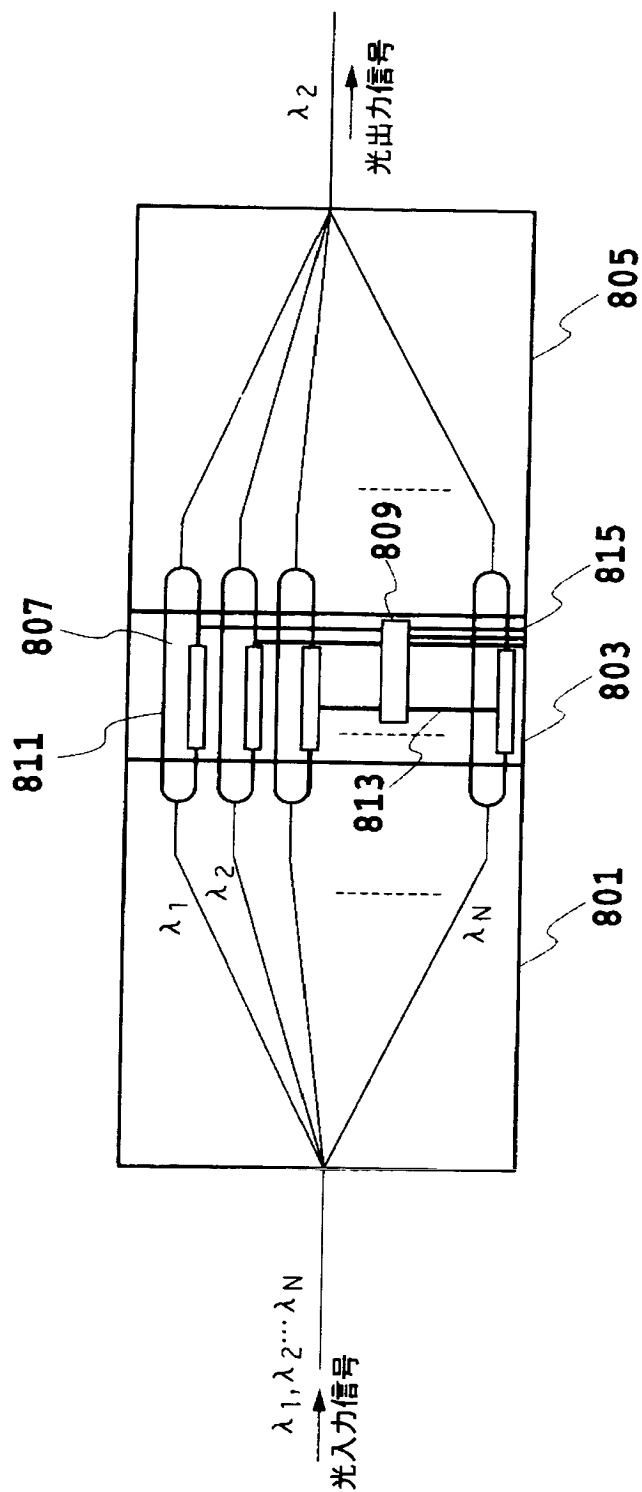
【図 5】



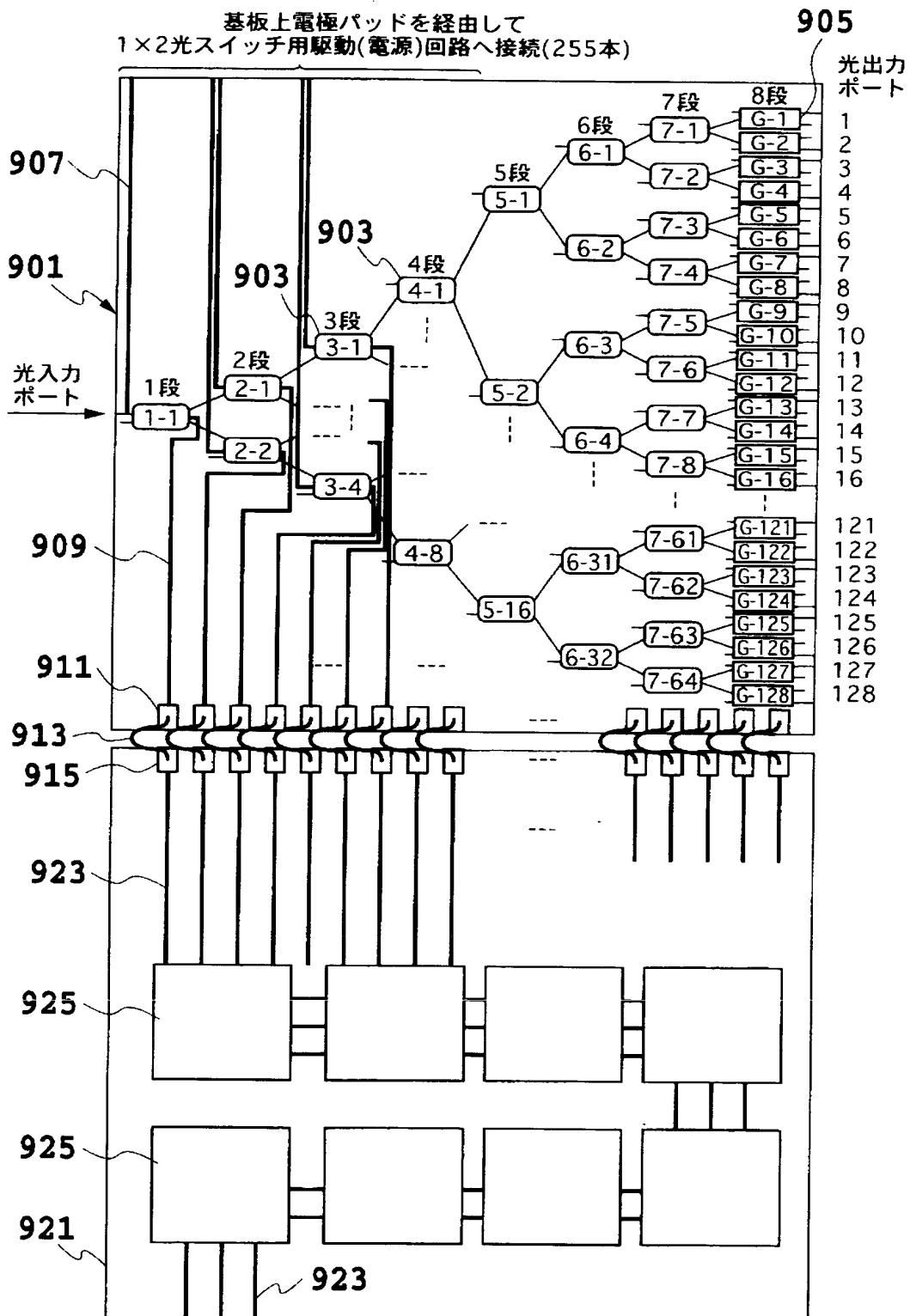
【図 6】



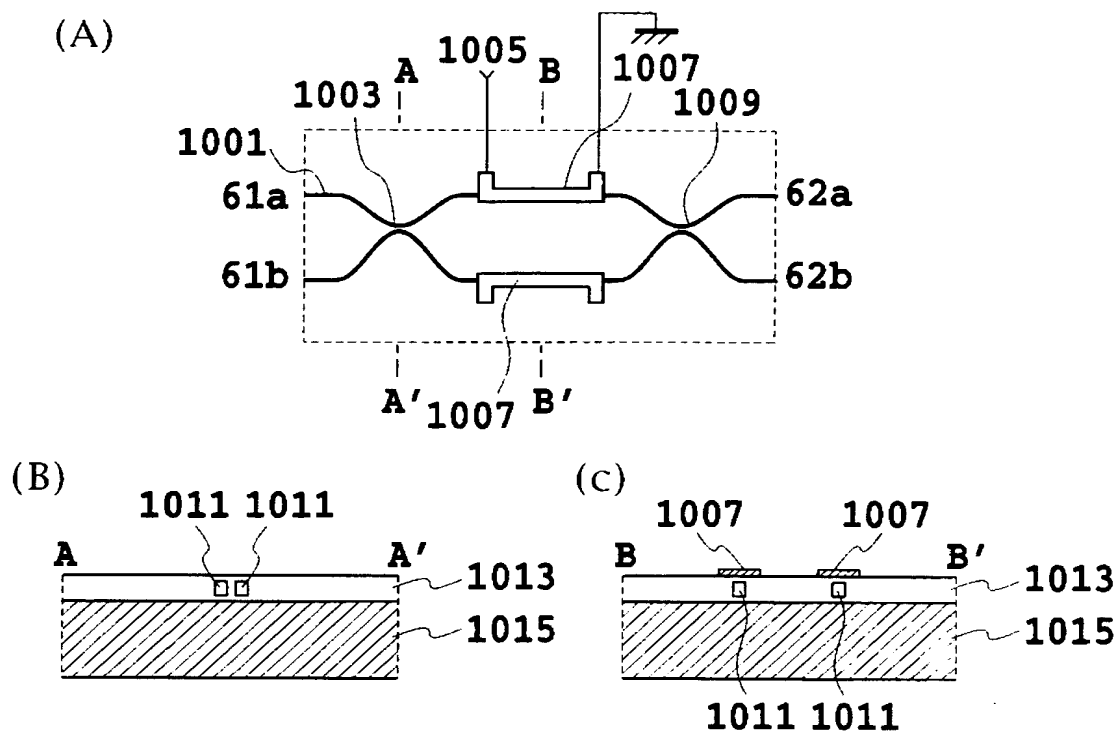
【図 8】



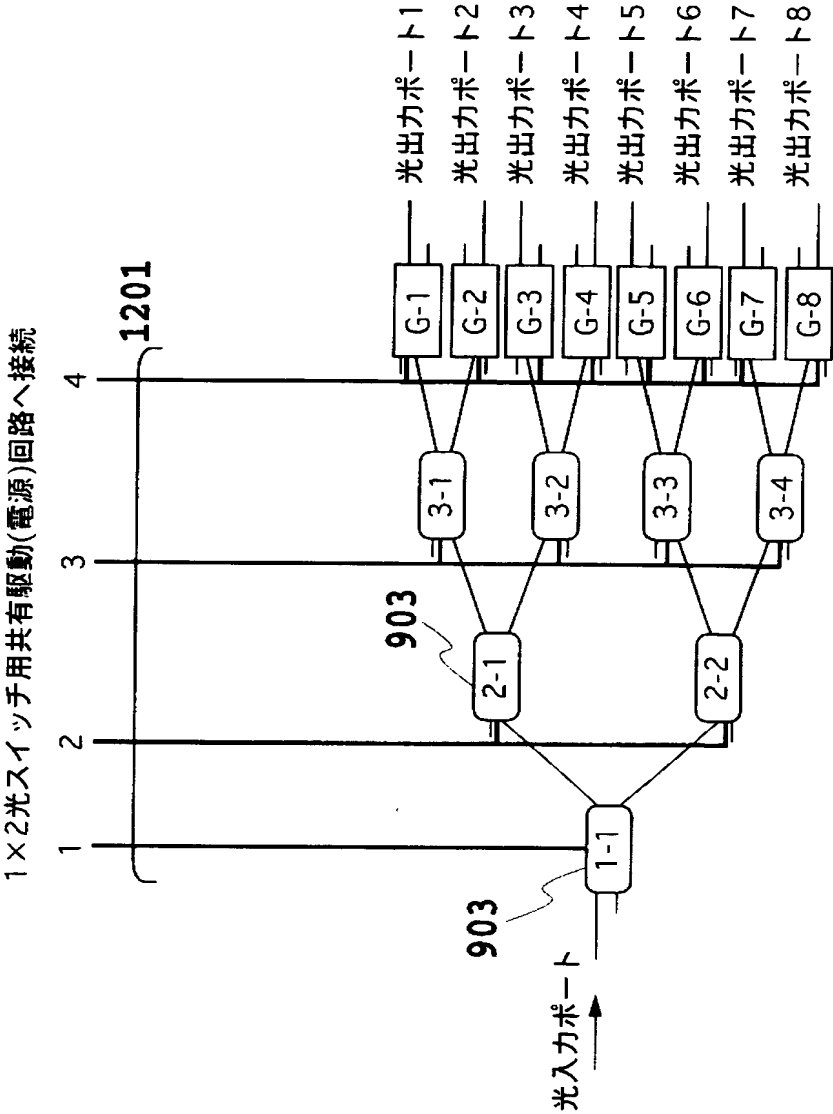
【図 9】



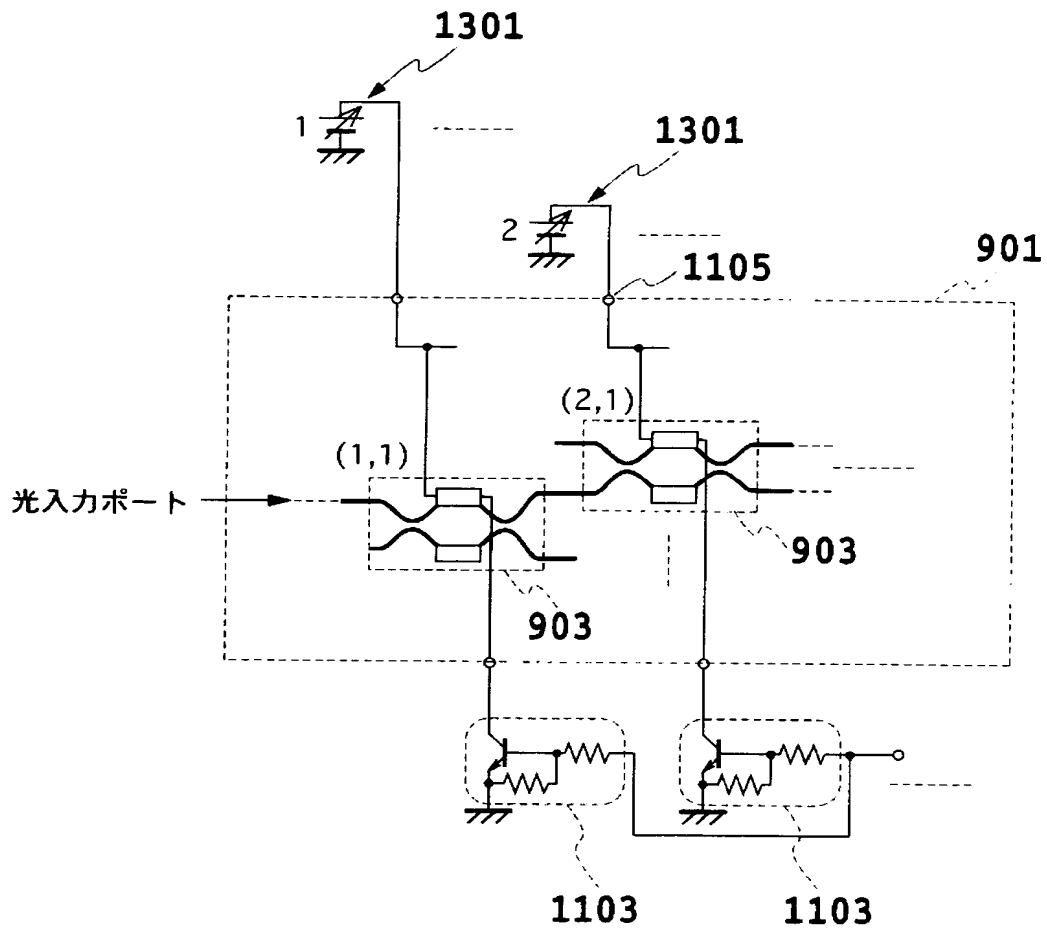
【図 10】



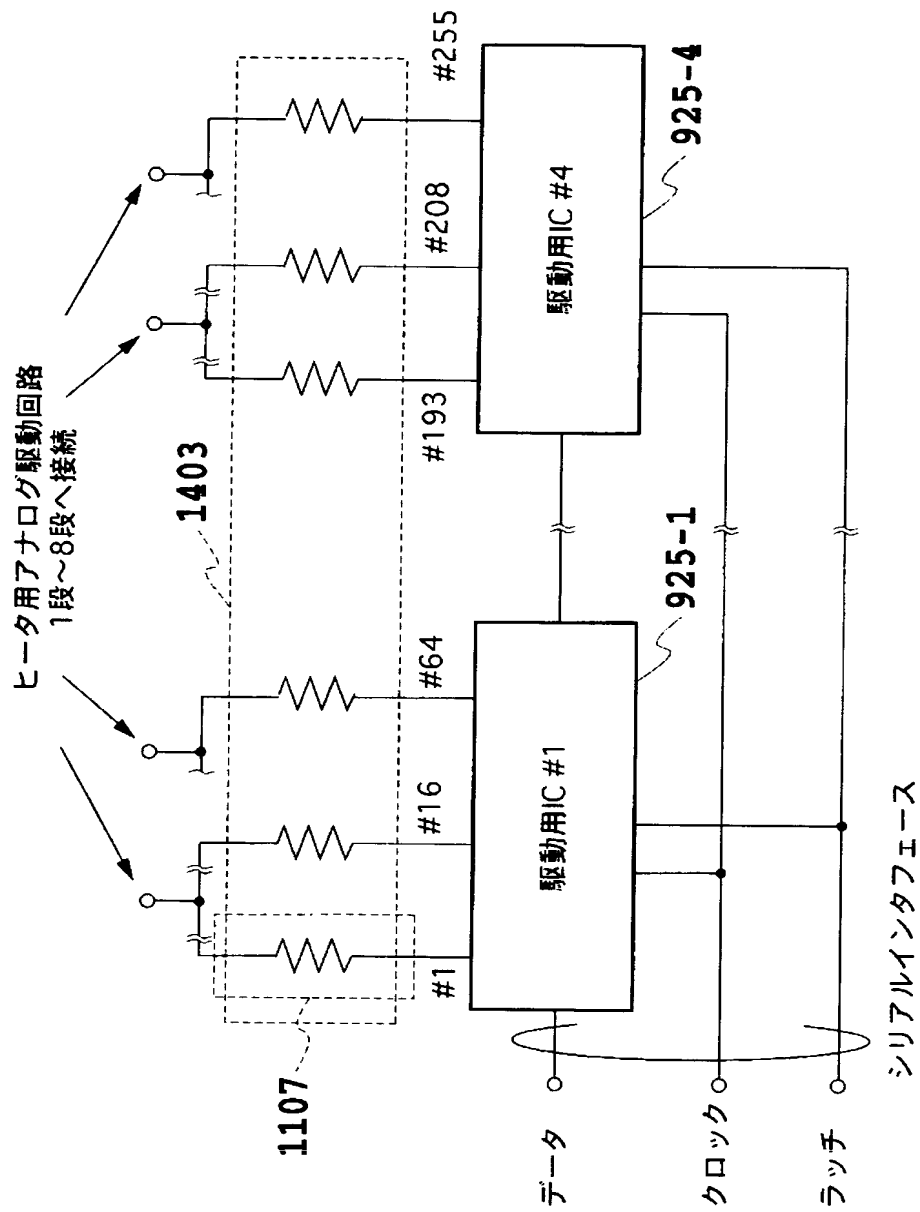
【図 1 2】



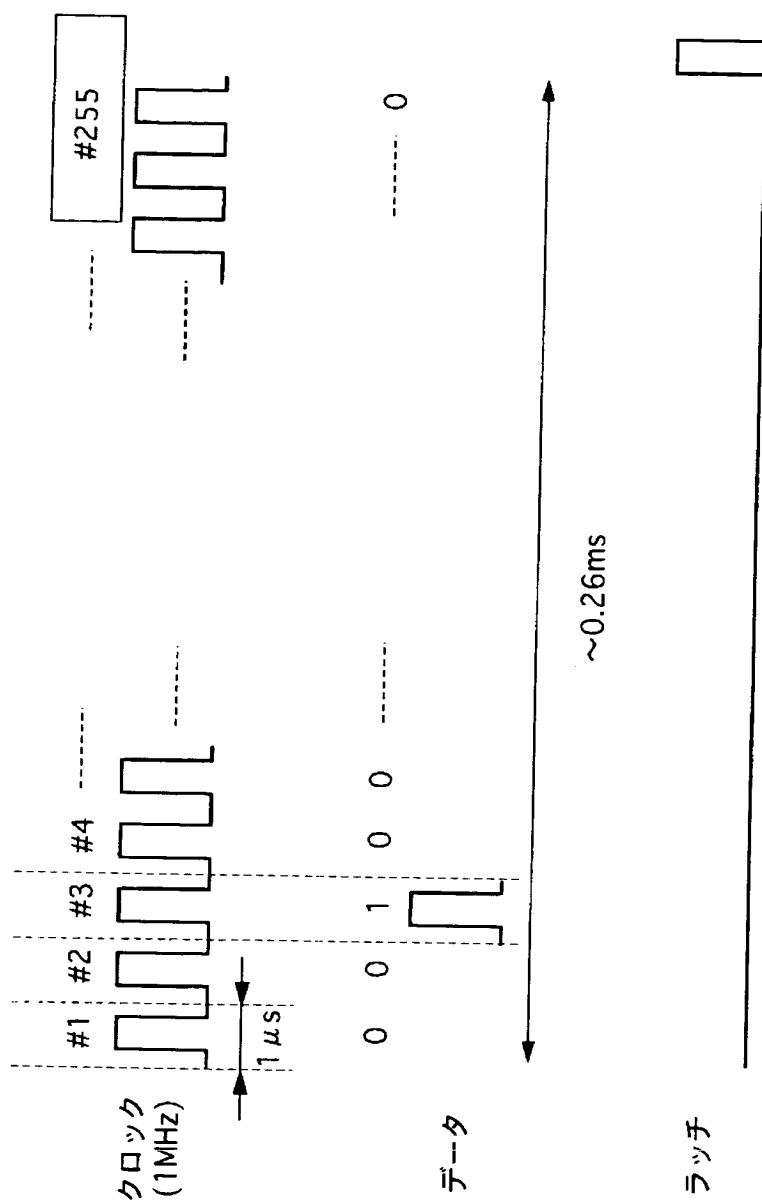
【図 13】



【図 14】



【図 15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電気で出力特性を制御する光モジュールにおいて、P L C 基板内の電気配線の面積の低減、I C 実装基板が不要になることによる、モジュールサイズの低減、P L C 基板と電子回路基板との間のワイヤボンディング本数の低減、検査工程の簡略化を実現する。

【解決手段】 同一基板 1 0 1 上に、光導波路回路（P L C）とそのP L Cを駆動させる電子回路（I C）1 0 9 とを直接搭載させる。I C 1 0 9 は樹脂封入されたものではなく、ベアチップを直接搭載し、その後に封止する。I C 1 0 9 の配線をP L C 基板上でグループ化して集約することにより、光モジュールを高密度化させて小型化させる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 2 3 0 4 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 2 6]

1 . 変更年月日

1 9 9 9 年 7 月 1 5 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号

氏 名

日本電信電話株式会社